

3-0164-TM

使用後返却願います

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平3-51733

⑬ Int. Cl.

G 01 L 9/04  
19/04

識別記号

1 0 1

庁内整理番号

7015-2F  
8104-2F

⑭ 公開 平成3年(1991)3月6日

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全1頁)

⑮ 発明の名称 半導体圧力センサの増巾補償回路

⑯ 特 願 平1-186960

⑰ 出 願 平1(1989)7月19日

⑱ 発 明 者 加 藤 和 之 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内

⑲ 出 願 人 富士電機株式会社 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

⑳ 代 理 人 弁理士 山 口 康

課題は本件と同- (第4回)

たが、発明はフルブリッジで増巾をとる。

62サ出カ一方をアンプを介して2段目アンプへ入す。

#### 明 細 書

##### 1. 発明の名称

半導体圧力センサの増巾補償回路

##### 2. 特許請求の範囲

1) シリコンダイアフラム上に拡散により形成された歪ゲージを含み、かつ1対の駆動電圧入力端子および1対の信号出力端子を有するブリッジ回路と、前記ブリッジ回路の出力信号電圧の増巾、温度補償を行う回路とを備えた半導体圧力センサにおいて、

前記ブリッジ回路の一対の信号出力端子のうち、いずれか一方の電圧をボルテージフォロフ回路に入力し、前記一対の信号出力端子の他方の電圧と前記ボルテージフォロフ回路の出力電圧との差を、演算増巾器を含んだ差動増巾回路により増巾し、前記演算増巾器の帰還抵抗として正の温度依存性を有する抵抗、もしくは該抵抗を含んだ抵抗群を接続し、前記演算増巾器の反転入力端子と直流電源端子の正極側もしくは負極側またはこの両極側との間に温度依存性の大きな抵抗を含んだ抵抗群

を接続したことを特徴とする半導体圧力センサの増巾補償回路。

##### 3. 発明の詳細な説明

###### 【産業上の利用分野】

この発明は半導体圧力センサの増巾補償回路に関するもので、

特に少ない回路素子数で高精度の半導体圧力センサを実現できるようにした増巾補償回路に関する。

なお以下各図において同一の符号は同一もしくは相当部分を示す。

###### 【従来の技術】

一般にシリコンダイアフラムを備えた半導体圧力センサを実用化する場合、シリコンダイアフラムの厚さのばらつきに起因した圧力感度のばらつきを調整する感度調整(スパン調整ともいう)、およびブリッジを構成する抵抗の相対誤差などに起因した零点のばらつきを調整する零点調整が不可欠である。

更に広い温度範囲で高精度が要求される場合、

## 特開平3-51733(2)

ストレンゲージ間の温度特性のずれなどに起因する零点温度特性の補償、およびストレンゲージのピエゾ抵抗係数の温度依存性などに起因する感度温度特性の補償が不可欠である。

第4図はこれらの4つの補償調整を行う従来回路の一例を示す。同図においてストレンゲージ(逆みゲージ)  $R_g(R_{g1} \sim R_{g4})$  より成るブリッジの出力電圧は演算増巾器OP1、OP2と抵抗  $R1 \sim R3$  より成る前段の差動増巾器により増巾され、更に演算増巾器OP3と抵抗  $R4 \sim R7, R_c$  より成る後段の差動増巾器により増巾され、出力される。感度調整は抵抗  $R1$  の値を選び、回路の増巾度を所定値にすることにより行われる。また抵抗  $R_c$  は例えば拡散抵抗のような正の温度依存性を有する抵抗であり、後段差動増巾器の増巾度に正の温度依存性を持たせ、ストレンゲージブリッジ出力、つまり圧力の感度の負の温度依存性を補償している。この補償における調整抵抗は  $R1$  である。

演算増巾器OP4の出力電圧  $V_d$  は前記の演算

増巾器OP3を含んだ後段の差動増巾器によりセンサ出力電圧  $V_{out}$  に加算される。この増巾器OP4の出力電圧  $V_d$  の電位、および温度特性を逐次することにより、零点調整、零点温度特性補償がなされる。 $R_a, R_b$  は温度依存性を有する抵抗である。これらの抵抗にそれぞれ並列に接続された抵抗  $R10, R11$  の値を選ぶことにより演算増巾器OP4の出力電圧  $V_d$  の温度特性を所定の特性にすることができる。また抵抗  $R8, R9$  の値を選ぶことにより、増巾器OP4出力  $V_d$  の電位を所定の値にすることができる。このように零点調整と零点温度特性補償は演算増巾器OP4とその周辺の抵抗  $R8 \sim R13, R_a, R_b$  によりなされる。

この増巾補償回路は、感度温度特性補償、感度調整、零点温度特性補償、零点調整の順に調整をすることにより、各調整が独立となり、その結果、高い調整精度が比較的簡単に実現できる。

第5図は前記の4つの補償調整機能を備えた従来回路の他の例を示す。第5図においてストレンゲージ  $R_{g1} \sim R_{g4}$  より成るブリッジの出力電圧は

演算増巾器OP5と抵抗  $R15 \sim R18$  より成る差動増巾器により増巾される。センサの感度調整は抵抗  $R18$  の値を選び増巾度を所定値にすることにより行われる。

また感度温度特性補償は、電源の正極側端子とストレンゲージブリッジ間に接続された  $R14$  と  $R4$  の抵抗対により行われる。この抵抗対は負の温度依存性を有する抵抗(例えばサーミスタ)である。この抵抗対  $R14, R4$  により、ストレンゲージとの接続点Aの電位は正の温度依存性を持つ。このブリッジの電源電圧駆動端子間に生じた正の駆動電圧により、ストレンゲージの有する圧力感度の負の温度依存性を補償する。

零点調整は差動増巾器中の抵抗  $R17$  に接続された抵抗  $R19, R20$  の値を選ぶことにより行われる。また零点温度特性補償は、抵抗  $R17$  により行われる。 $R17$  の値が大であればブリッジ出力同相電位の正の温度依存性がそのまま出力され、出力  $V_{out}$  に正の温度依存性をもたらすが、抵抗  $R17$  の値を下げていくにつれ、温度依存性の無い抵抗

$R19$  と  $R20$  の接続点Bの電位成分が差動増巾器の非反転入力端子の電位に、より大きく影響を与えるため、センサ出力  $V_{out}$  の温度依存性はより負の傾向を持つようになる。抵抗  $R17$  の値をストレンゲージ出力の零点(差圧ゼロ)の温度依存性を補償するように定めることにより、零点温度特性の補償がなされる。

## 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら前述した第4図の回路に用いられる素子の数は、演算増巾器が4、抵抗が13、温度依存性を有する抵抗が3と多く、センサの小形化が要求される場合、例えばセンサの全素子を1つのシリコンチップ上に集積化しようとする場合、問題となる。

他方、第5図においては、この増巾補償回路を構成する素子は演算増巾器1、抵抗7、温度依存性を有する抵抗1であり、素子数は少ない。しかし、感度調整と零点調整、零点温度特性補償が独立でないため、高精度の調整が困難である。また零点温度特性補償の補償範囲の限界がブリッジ出

## 特開平3-51733(3)

力同相電圧の温度依存性で限られるため、補償範囲が狭く、ブリッジ出力の零点の温度依存性が大きくばらつく場合、補償できなくなる。さらに  $R_{14}$ 、 $R_{15}$  で構成した抵抗対両端の電圧降下のため、ブリッジの駆動電圧がセンサの電源電圧よりも低くなり、その結果、ブリッジの出力信号電圧が小さくなるという問題を有する。

なお前述の回路に類似の回路例として特開昭59-217375号公報がある。しかしこの回路も構成素子数は第4図より少ないものの、零点温度補償の範囲が狭く、各特性の補償が独立でないという問題がある。

そこで本発明は上記課題を解決するために、ブリッジ回路の1対の信号出力端子のうち、いずれか一方の電圧を1つの演算増巾器からなるボルテージフォロワ回路に入力し、前記1対の信号出力端子の他方の電圧と、前記ボルテージフォロワ回路の出力電圧の差を、自身の帰還抵抗回路に正の温度依存性を持つ抵抗を含む、自身の反転入力端子と直流電源端子間を温度依存性の大きな抵抗を

含む抵抗群で結合された他の1つの演算増巾器を介して増巾するようにした半導体圧力センサの増巾補償回路を提供することを課題とする。

## 【課題を解決するための手段】

前記課題を解決するために本発明の回路は、シリコンダイアフラム上に拡散により形成された歪ゲージ ( $R_{g1} \sim R_{g4}$  など) を含み、かつ1対の駆動電圧入力端子および1対の信号出力端子 (C, D など) を有するブリッジ回路と、前記ブリッジ回路の出力信号電圧の増巾、温度補償を行う回路とを備えた半導体圧力センサにおいて、

前記ブリッジ回路の1対の信号出力端子のうち、いずれか一方 (D など) の電圧 ( $V_i$  など) を (演算増巾器 OP6 などからなる) ボルテージフォロワ回路に入力し、前記1対の信号出力端子の他方 (C など) の電圧 ( $V_j$  など) と、前記ボルテージフォロワ回路の出力電圧との差を (入力抵抗  $R_{21}$ 、帰還抵抗および) 演算増巾器 (OP7 など) を含んだ差動増巾回路により増巾し、前記演算増巾器の帰還抵抗として正の温度依存性を有する低

抗 ( $R_h$  など)、もしくは該抵抗を含んだ抵抗群 ( $R_h$ 、 $R_{26}$  など) を接続し、前記演算増巾器の反転入力端子と直流電源端子の正極側 (E など) もしくは負極側 (G など) またはこの両極側との間に温度依存性の大きな抵抗 ( $R_e$ 、 $R_f$  など) を含んだ抵抗群 ( $R_e$ 、 $R_f$ 、 $R_{22} \sim R_{25}$  など) を接続した、ものとする。

## 【作用】

ボルテージフォロワ回路は1つの演算増巾器 OP6 からなり、ブリッジ回路の1方の出力電圧  $V_i$  を低出力インピーダンスの形で1:1に作動増巾回路に与え、かつ回路内の抵抗変化やバラツキ等に基づく差動増巾回路とブリッジ回路との間の特性の干渉を断つ。

また差動増巾回路は1つの演算増巾器からなり、自身の入力抵抗  $R_{21}$  で感度調整を、正温度係数の抵抗  $R_h$  を含む自身の帰還抵抗  $R_h$ 、 $R_{26}$  によって感度温度補償を、また正、負の電源端子と自身の反転入力端子との間の抵抗  $R_{22}$ 、 $R_{23}$  で零点調整を、また同じく正、負の電源端子と自身の反転入

力端子との間の温度依存性の大きな抵抗  $R_e$ 、 $R_f$  を含む抵抗群  $R_e$ 、 $R_f$ 、 $R_{24}$ 、 $R_{25}$  によって零点の温度補償を、それぞれ行わせる。

ここで感度調整および感度温度補償と、零点調整および零点温度補償とは独立になる。

## 【実施例】

以下第1図ないし第3図に基づいて本発明の実施例を説明する。第1図は本発明を適用した半導体センサの第1の実施例を示す。同図において  $R_g$  ( $R_{g1} \sim R_{g4}$ ) はシリコンダイアフラム上に分散配置されたストレンゲージ (歪みゲージ) であり、ブリッジを構成する。加圧によりブリッジの差動出力端子 C、D 間に電圧信号を生じるようにダイアフラム上の位置が決められている。端子 D は演算増巾器 OP6 の非反転入力端子に接続される。この増巾器 OP6 の反転入力端子は同増巾器 OP6 の出力端子に接続され、ボルテージフォロワ回路が構成される。同増巾器 OP6 の出力は抵抗  $R_{21}$  を介して演算増巾器 OP7 の反転入力端子に接続される。ストレンゲージの差動出力端子 C

以上のような構成において本発明回路の動作を説明する。シリコンダイオードの加圧により、ストレインゲージブリッジ出力端子Cの電位 $V_{IC}$ は上昇し、出力端子Dの電位 $V_{ID}$ は下降する。 $V_{ID}$ は演算増幅器OP6のボルテージフォロフ回路に

よりインピーダンス変換され、出力される。この  $V_{in}$  と  $V_{it}$  との差は演算増巾器  $OP7$  とその周辺に接続された抵抗により増巾され、出力される。この場合抵抗  $R21$  の値を変化させることにより増巾度に変化し、感度調整がなされる。この差動増巾器の増巾度は帰還抵抗として接続された抵抗対  $R24, R26$  中の  $R24$  の影響により正の温度依存性を持つ。この正の温度依存性によりストレインゲージ出力電圧信号の持つ負の温度依存性を補償する。抵抗  $R22, R23$  は零点調整用の抵抗である。電源端子  $E$  より電流が抵抗  $R22$ 、帰還抵抗  $R26 // R24$  を通って演算増巾器  $OP7$  の出力端子  $F$  に流れ込み、センサ出力電圧  $V_{out}$  を低下させる。また逆にこの増巾器  $OP7$  出力端子  $F$  より電流が帰還抵抗  $R26 // R24$ 、抵抗  $R23$  を通って接地端子  $G$  に流れ込み、センサ出力電圧  $V_{out}$  を上昇させる。この抵抗  $R22$  と  $R23$  の大小関係を調整することにより、センサ出力  $V_{out}$  の零点を調整する。

抵抗  $R_{24}$  と  $R_9$  との直列抵抗，抵抗  $R_{25}$  と  $R_1$  との直列抵抗は零点温度特性補償用の抵抗である。

ここで抵抗  $R_e$ 、 $R_f$  は正の温度依存性を有するものとする。電源端子 E より電流が直列抵抗  $R_{24}$ 、 $R_e$ 、帰還抵抗  $R_{26} // R_h$  を通って演算増幅器 O P 1 の出力端子 F に流れ込み、センサ出力電圧  $V_{out}$  を低下させる。この電流は抵抗  $R_e$  のため負の温度依存性を有し、センサ出力電圧  $V_{out}$  に負の温度依存性を持たせている。また逆に演算増幅器 O P 1 の出力端子 F より電流が帰還抵抗  $R_{26} // R_h$ 、直列抵抗  $R_f$ 、 $R_{25}$  を通って接地端子 G に流れ込み、センサ出力電圧  $V_{out}$  を上昇させる。この電流は  $R_f$  のために正の温度依存性を有し、センサ出力電圧  $V_{out}$  に正の温度依存性を持たせている。この 2 つの電流の持つ温度依存性の大小関係を調整することにより、センサ出力  $V_{out}$  の零点温度特性を補償する。ここでセンサ出力  $V_{out}$  は次の式(1)で表わされる。

$$V_{out} = V_{it} + \frac{R_x}{R_{21}}(V_{it} - V_{i-}) - (V_{cc} - V_{it}) \frac{R_x}{R_{22}} + V_{it} \cdot \frac{R_x}{R_{23}}$$

$$- (V_{cc} - V_{it}) \frac{R_x}{(R_{24} + R_e)} + V_{it} \cdot \frac{R_x}{(R_{25} + R_i)} \dots \dots \dots \text{式(1)}$$

但し

$$R_k = R_h \times R_{26} / (R_h + R_{26}) \dots\dots\dots \text{式(2)}$$

また  $V_{cc}$  は電源電圧である。

式(1)右辺第2項は増巾されたストレンゲージブリッジ差動出力の成分である。第3項は抵抗 $R_{22}$ を通る電流による成分、第4項は抵抗 $R_{23}$ を通る電流による成分、第5項は抵抗 $R_{24}$ 、 $R_e$ を通る電流による成分、第6項は抵抗 $R_{25}$ 、 $R_f$ を通る電流による成分である。換言すれば右辺第2項は感度調整、感度温度特性(補償)調整、第3項、第4項は零点調整、第5項、第6項は零点差特性補償調整に関係する項である。このように感度に関する項と零点に関する項は分離しているため、感度調整、感度温度特性補償と零点調整、零点温度特性補償とは独立となり、そのために高い調整精度が容易に実現できる。

## 特開平3-51733(5)

零点温度特性補償は通常、温度勾配の補償を指すが、この回路は温度特性の曲がりを補償することもできる。第2図に抵抗 $R_{24}$ 、 $R_{25}$ の値と温度勾配補償後の温度特性との関係を示す。このように $R_{24}$ と $R_{25}$ の値をバランスをとりながら変えることにより、温度特性の曲がりを変化させ、平坦な特性にすることが可能である。

また感度温度特性の曲がりは、抵抗 $R_h$ の温度特性を変えることにより変化させ、平坦な状態にすることができる。例えば $R_h$ をストレインゲージと同様に拡散によりチップ上に形成した場合、不純物のドーピング量を変化させることにより、抵抗 $R_h$ の温度特性を変化させ、それによりセンサ出力 $V_{out}$ の感度温度特性の曲がりを平坦な状態にすることができる。

第3図は本発明の他の実施例であり、第1図の実施例と同様の効果を有する。この第3図の実施例の場合、抵抗 $R_{27} \sim R_{30}$ の値を適当に選ぶことにより、零点調整および零点温度特性補償を行う。  
【発明の効果】

以下のような効果を奏することができる。

①増巾補償回路を構成するために必要な素子数は、例えば第1図の実施例の場合、演算増巾器2、抵抗6、温度依存性を有する抵抗3であり、第4図の従来方式と比較して約半分の素子数で構成できる。従ってセンサの小形化が容易に実現できる。更に温度依存性を有する素子をチップ上に拡散により構成し、抵抗に薄膜抵抗を用いることにより、全ての回路素子を1つのチップ上に構成することが可能である。

②感度調整、感度温度補償と零点調整、零点温度特性補償とが独立に行える。そのため容易に高精度が実現できる。

③零点温度特性に関係する抵抗の値を選ぶことにより、零点温度特性の曲がりまで補償することができ、広い温度範囲にわたり、高い精度が得られる。

## 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の第1の実施例としての回路図、第2図は第1図の回路における抵抗 $R_{24}$ 、 $R_{25}$

本発明によれば、シリコンダイアフラム上に拡散により形成された歪ゲージ $R_{g1} \sim R_{g4}$ を含み、かつ1対の駆動電圧入力端子および1対の信号出力端子C、Dを有するブリッジ回路と、前記ブリッジ回路の出力信号電圧の増巾、温度補償を行う回路とを備えた半導体圧力センサにおいて、

前記ブリッジ回路の1対の信号出力端子C、Dのうち、一方の端子Dの電圧 $V_D$ を演算増巾器OP6からなるボルテージフォロウ回路に入力し、前記1対の信号出力端子の他方Cの電圧 $V_C$ と前記ボルテージフォロウ回路の出力電圧との差を抵抗 $R_{21}$ 、帰還抵抗および演算増巾器OP7を含んだ差動増巾回路により増巾し、前記演算増巾器の帰還抵抗として正の温度依存性を有する抵抗 $R_h$ もしくは該抵抗を含んだ抵抗群 $R_h$ 、 $R_{26}$ を接続し、前記演算増巾器OP7の反転入力端子と直流電源端子の正極側Eもしくは負極側Gまたはこの両極側E、Gとの間に温度依存性の大きな抵抗 $R_e$ 、 $R_f$ を含んだ抵抗群 $R_e$ 、 $R_f$ 、 $R_{22} \sim R_{25}$ を接続するようにしたので、

の値と温度勾配補償後の温度特性との関係を示す図、

第3図は本発明の第2の実施例としての回路図、第4図、第5図はそれぞれ圧力センサの従来の増巾補償回路の異なる例を示す図である。

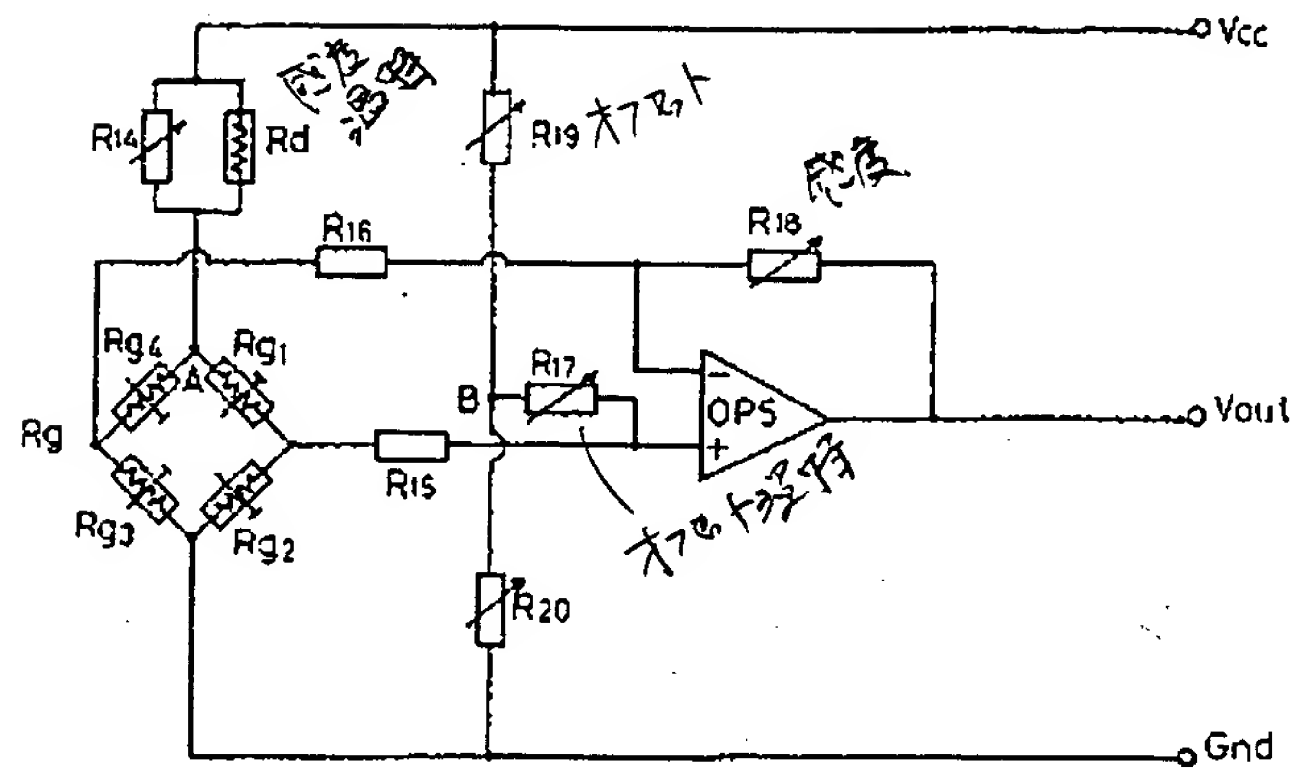
$R_g(R_{g1} \sim R_{g4})$  : 拡散形ストレインゲージ、 $R_{21} \sim R_{30}$  : 抵抗、 $R_e \sim R_f$  : 温度依存性を有する抵抗、OP6、OP7 : 演算増巾器、VCC : 電源電圧、 $V_{out}$  : センサ出力電圧、Gnd : 接地電位。

代理人佐藤士 山口 康





特開平3-51733(7)



\* 5 \*

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**